



71 Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

74 Vertreter:  
Patent- und Rechtsanwälte Bardehle, Pagenberg,  
Dost, Altenburg, Geissler, Isenbruck, 68165  
Mannheim

72 Erfinder:  
Rodriguez-Amaya, Nestor, 70372 Stuttgart, DE

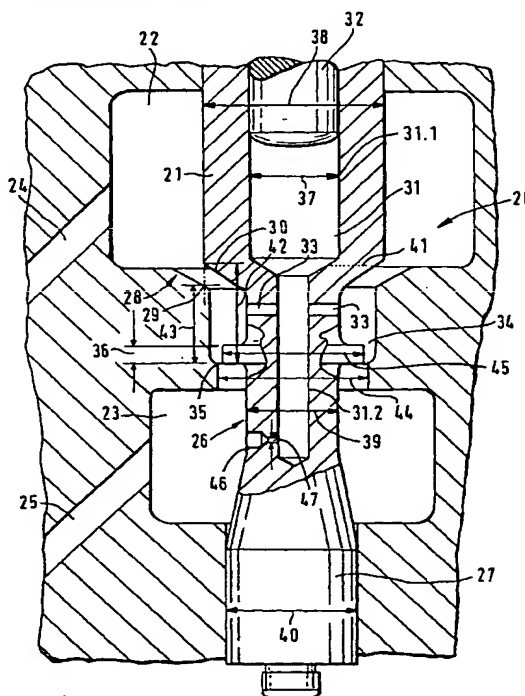
56 Entgegenhaltungen:  
DE 199 10 589 A1  
EP 08 23 549 A2  
Mannesmann Rexroth GmbH (Hrsg):  
Grundlagen und Komponenten der Fluidtechnik -  
Hydraulik - Lohr am Main, 2. Aufl. 1991,  
ISBN: 3-8023-0619-8, S. 214-215;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Druckausgeglichenes, innen-öffnendes Schaltventil mit Drosselbohrung

57 Die Erfindung bezieht sich auf ein Schaltventil in einem Kraftstoffeinspritzsystem einer Verbrennungskraftmaschine. Das Schaltventil (20) umfasst ein Gehäuse (2), in welchem eine Ventilnadel (21) zwischen einer Offenstellung und einer Schließstellung bewegbar geführt ist. Die Ventilnadel (21) ist von einer ersten Kammer (22) und einer zweiten Kammer (23) umschlossen, die über einen Ringraum (34) mit Sitzbohrung (35) miteinander in Verbindung stehen. Der Ringraum (34) ist von einem Ventilsitz (28) mit einer Ventilsitzfläche (29) begrenzt, die mit einer an der Ventilnadel (21) angeformten Ventildichtfläche (30) zusammenwirkt. Die Ventilnadel (21) umfasst eine Stufenbohrung (31) mit Bohrungsabschnitten (31.1, 31.2), von denen der unter dem Ventilsitz (28) liegende Bohrungsabschnitt (31.2) den Ringraum (34) über eine Drosselstelle (47) in der Ventilnadel (21) mit der zweiten Kammer (23) verbindet. Die zweite Kammer (23) ist durch einen in die Sitzbohrung (35) eingefahrenen Bund (48) der Ventilnadel (21) verschließbar.



[0001] Bei Kraftstoffeinspritzsystemen für Verbrennungskraftmaschinen kommen Pumpendüsen- bzw. Pumpe-Leitung-Düsen-Einspritzsysteme zum Einsatz. Deren Ventile stehen im unbetätigten Zustand offen. In diesen Hochdruckeinspritzsysteme können auch nach innen öffnende Ventile (I-Ventile) eingesetzt werden, die eine verbesserte Funktionsstabilität aufweisen. An die Hochdruckeinspritzsysteme, ob mit A-Ventilen oder mit I-Ventilen ausgestattet, wird die Anforderung zur Fähigkeit der Einspritzverlaufsformung gestellt, um den einzelnen Phasen der Verbrennung im Brennraum der Verbrennungskraftmaschine hinsichtlich der einzuspritzenden Kraftstoffmenge Rechnung zu tragen und die Emissionen günstig zu beeinflussen.

## Stand der Technik

[0002] Fig. 1 zeigt eine Lösung mit nach außen öffnendem A-Ventil mit Zwei-Feder-Funktion an einem Pumpe-Düse-System. Am Bund eines Steuerventilkörpers ist eine Drosselstufe ausgebildet, die mit einer gehäuseseitigen Kante zusammenwirkt. Diese weist eine gewellte Kontur auf, die toleranzbehaltet ist. Dem mit einem Bund versehenen Steuerventilkörper gegenüberliegend ist ein mit einer Feder vorgespanntes Anschlagelement zugeordnet, dessen als Anschlagfläche dienende Stirnseite ebenfalls toleranzbehaltet ist. Sowohl der Abstand zwischen Anschlagelement und Steuerteilkörper als auch die Position der Stirnfläche am Anschlagelement ist toleranzbehaltet. Bei dieser Konfiguration eines nach außen öffnenden A-Ventils addieren sich im ungünstigsten Falle drei Toleranzen, was eine exakt reproduzierbare Drosselung erschwert.

[0003] EP 0 823 549 A2 bezieht sich auf einen Injektor für die Hochdruckeinspritzung von Kraftstoff. Dieser Injektor umfaßt einen Injektorkörper und eine verschiebbar in diesem aufgenommene Düsennadel. Mittels einer Schließfeder wird die Düsennadel in ihren Sitz gedrückt. Es ist eine Kraftstoffversorgungsleitung vorgesehen, mit der der Düsennadel im Bereich einer konischen Fläche Kraftstoff derart zugeführt wird, daß eine gegen die Wirkung der Schließfeder gerichtete Kraft entsteht. Mit einem Ablaufventil wird die Verbindung zwischen der Kraftstoffversorgungsleitung und einem Ablauf zum Niederdruckbereich des Kraftstoffinjektors gesteuert. Mittels eines Steuerteiles wird der Kraftstoffdruck in einem Steuerraum gesteuert, der teilweise von einer Fläche der Düsennadel oder einer daran aufgenommenen Komponente begrenzt ist, die derart orientiert ist, daß bei hohem Druckniveau im Steuerraum eine auf die Düsennadel wirkende Kraft erzeugt wird, die die der Schließfeder unterstützt. Das Ablaufventil und das Steuerventil werden mit einem elektromagnetischen Aktor, ausgebildet als ein Bauteil, gesteuert. Das Steuerventil und die Stirnfläche der Düsennadel oder die mit dieser zusammenarbeitende Komponente (zum Beispiel ein Stößel oder dergleichen), die einen Teil der Steuerraumwandung bilden, sind derart dimensioniert, daß das Steuerteil jederzeit im wesentlichen druckausgeglichen ist.

[0004] Gemäß dieser Lösung sind das Ablauf und das Steuerventil beidseits eines elektromagnetischen Aktuators und hintereinanderliegend angeordnet, wobei die Hübe von Ablaufventil und Steuerventil vom elektromagnetischen Aktuator gleichzeitig aufgeprägt werden und eine unabhängige Ansteuerung der beiden hintereinandergeschalteten Ventile nicht möglich ist.

[0005] Mit der erfindungsgemäß vorgeschlagenen Lösung, die Ventilnadel innen mit einer Stufenbohrung zu versehen und an der Außenseite der Ventilnadel ein eine Überdeckung mit einer Gehäusekante erzeugenden Bund anzuordnen, kann eine Drosselung über ein in die Ventilnadel eingelassenes Drosselelement erfolgen. Das Drosselelement – zum Beispiel ebenfalls als abgestufte Bohrung ausgebildet – kann wesentlich exakter gefertigt werden, so dass verglichen zu der eingangs skizzierten Lösung an einer Pumpe-Düse-Einheit eine wesentlich genauere, exakt definierte Drosselfunktion an einer Ventilnadel eines I-Ventils verwirklicht ist. Mit dieser Lösung kann eine genaue reproduzierbare Drosselung dank der genaueren Fertigung der Drosselbohrung erreicht werden.

[0006] Im Übergangsbereich zwischen dem Ventilnadel-sitz und einem an der Ventilnadel ausgebildeten Niederdruckausgleichskolben wird ein Bund mit einer Dicke angebracht, die einen Überdeckungsbereich mit einer der Bundaußenfläche gegenüberliegenden Sitzbohrung bildet. Ferner ist die Ventilnadel des I-Ventils mit einer Stufenbohrung durchgezogen, die einen ersten Bereich mit einem Bohrungsdurchmesser und einen zweiten Bereich mit einem geringeren Bohrungsdurchmesser umfasst.

[0007] In dem Bereich der gestuften Bohrung, die in einem größeren Bohrungsdurchmesser ausgebildet ist, wird ein Stift eingelassen, welcher sich an einem gehäusefest orientierten Wiederlager abstützt, so dass eine Relativbewegung zwischen diesem Stift und der Ventilnadel des I-Ventils gegeben ist. Die Dimensionierung des Durchmessers des Bohrungsabschnitts mit größerem Durchmesser der Stufenbohrung bzw. des Außendurchmessers des Stiftes erlaubt die Kompensation von durch die Flüssigkeit erzeugten Druckkräften an sich bei der Öffnungsbewegung der Ventilnadel ergebenden Projektionsflächen. Demgegenüber wird der Bohrungsabschnitt mit dem geringeren Bohrungsdurchmesser am Umfang der Ventilnadel von einer oder mehreren radialen Bohrungen durchbrochen, welche über den Bohrungsabschnitt geringeren Durchmessers der Stufenbohrung mit einem von der zweiten Kammer im Gehäuse mündenden Drosselbohrung verbunden sind. Die Drosselstelle kann ebenfalls als eine gestufte Bohrung ausgebildet werden, deren geringerer Durchmesser so dimensioniert wird, dass sich an diesem Durchmesser die gewünschte Drosselfunktion einstellt.

[0008] Der Außendurchmesser des Bundes im verjüngten Bereich des Ventilnadelschaftes und der Innendurchmesser der Sitzbohrung wird in sehr engem Spiel ausgeführt, so dass einerseits eine Hubbewegung der Ventilnadel im Gehäuse möglich ist, andererseits jedoch praktisch kein Durchflussquerschnitt für die Flüssigkeit wie zum Beispiel Kraftstoff entsteht. Der Abstand der oberen Ringfläche des Bundes sowie der Abstand der unteren Ringfläche des Bundes sind so gewählt, dass während einer Hubbewegung der Ventilnadel entsprechend der Dicke des Bundes die Sitzbohrung und der Bund in Überdeckung bleiben.

[0009] Durch diese Maßnahme ist sichergestellt, dass, solange der Bund im Bereich des verjüngten Ventilschaftes der Ventilnadel und die Sitzbohrung im Gehäuse des I-Ventils sich in Überdeckung befinden, der einzige Weg für die Flüssigkeit durch die ein oder mehrere Querbohrungen in der Ventilnadel, den Bohrungsabschnitt mit geringerem Durchmesser und die in den unteren Ringraum mündende Drossel oberhalb des Ausgleichskolbens der Ventilnadel gebildet ist. Der Kraftausgleich über den in die Stufenbohrung im Bereich des Bohrungsabschnittes mit größerem Durchmesser eingelassenen Stiftes erlaubt eine Hubbewegung der Ventil-

nadel des I-Ventils frei von hydraulischen Kräften, was zu einer Verbesserung der Schaltgenauigkeit führt. Die Ventilschaltventilnadel kann dank ihrer Druckausgeglichenheit über einen kompaktbauenden Aktor – sei es ein Magnet oder sei es ein Piezoaktor – betätigt werden, wobei die Ventilschaltventilnadel insbesondere in ihrer Drosselstellung gehalten werden kann. Durch die in den unteren Ringraum der Ventilschaltventilnadel mündende Drosselbohrung kann eine definierte Drosselung erfolgen, da der Drosselquerschnitt exakt gefertigt werden kann und nicht stark von Fertigungstoleranzen abhängig ist im Gegensatz zu der aus dem Stand der Technik bekannten Lösung, bei dem die Toleranzen sehr stark ins Gewicht fallen.

#### Zeichnung

[0010] Anhand der Zeichnung wird die Erfindung nachstehend eingehender erläutert.

[0011] Es zeigt:

[0012] Fig. 1 eine als A-Ventil konfigurierte, mit mehreren die Drosselung beeinflussenden toleranzbehafteten Bauteilen eines bekannten Pumpe-Düse-Systems und

[0013] Fig. 2 ein als I-Ventil ausgebildetes Schaltventil mit Drosselbohrung und mit einer eine Sitzbohrung überdeckenden Bund und

[0014] Fig. 2.1 das I-Ventil im geschlossenen Zustand und sich einstellender Überdeckung am Bund.

#### Ausführungsvarianten

[0015] Der Darstellung gemäß Fig. 1 ist ein als A-Ventil konfiguriertes, mit mehreren die Drosselung beeinflussen toleranzbehafteten Bauteilen versehenes Pumpe-Düse-System zu entnehmen.

[0016] Die Pumpe-Düse-Einheit 1 gemäß der Darstellung in Fig. 1 umfasst ein Gehäuse 2. Im Gehäuse 2 ist ein mittels eines ersten Federelementes 3 beaufschlagter Steuerteilkörper 4 bewegbar eingelassen. Am Steuerteilkörper 4 ist eine A-Drossel, d. h. ein nach außen öffnendes Drosselelement 5 ausgebildet, welches an seiner Stirnfläche in einen Bund 6 ausläuft. Am Bund 6 ist eine Drosselstelle 7 in einer Drosselstellenlänge 8 toleranzbehaftet ausgebildet. Dem Bund 6 des Steuerventilkörpers 4 gegenüberliegend ist in einem ebenfalls toleranzbehafteten Abstand 11 eine Stirnfläche 10 eines Anschlagelements 9 angeordnet. Das Anschlagelement 9 seinerseits ist ebenfalls in einem Gehäuse geführt und durch ein hier nur schematisch angedeutetes zweites Federelement 13 vorgespannt. Die Distanz, in welcher die Stirnfläche 10, die mit Rundlauf Fehlern behaftet sein kann, aus dem Gehäuse, in welchem das Anschlagelement 9 aufgenommen ist, hervorsteht, ist mit Bezugszeichen 12 gekennzeichnet und ebenfalls mit fertigungsbedingten Toleranzen behaftet.

[0017] Da die Drosselstelle 7, welche mit einer Gehäusekante 14 des Gehäuses 2 zusammenwirkt, in einer Drosselstellenlänge 8 ausgebildet ist, verändert sich abhängig von dessen Fertigungstoleranz der ringförmige Drosselspalt zwischen Steuerventilkörper 4 und dem Gehäuse 2 im Bereich der Gehäusekante 14.

[0018] Da eine Drosselung bei den in Kraftstoffeinspritzsystemen auftretenden hohen Drücken sehr stark von den Fertigungstoleranzen, in welchen die die Drosselung bewirkenden Bauteile ausgebildet sind, abhängt, können sich bei der aus Fig. 1 bekannten Lösung im ungünstigsten Fall zumindest drei Toleranzen derart ungünstig addieren, dass eine definierte, d. h. eine reproduzierbare Drosselung im Bereich der Drosselstelle 7 zwischen der Gehäusekante 14 des Gehäuses 2 und dem Bund 6 mit daran angeformter Drossel-

strecke 8 nicht oder nicht in ausreichendem Maße gewährleistet ist.

[0019] Der Darstellung gemäß Fig. 2 ist ein als I-Ventil ausgebildetes Schaltventil mit einer Drosselbohrung und einer in die Ventilschaltventilnadel eingebrachten Stufenbohrung zu entnehmen.

[0020] Das Schaltventil 20 gemäß der Darstellung in Fig. 2 wird bevorzugt als nach innen öffnendes Ventil, d. h. als I-Ventil ausgebildet. Dieses umfasst eine Ventilschaltventilnadel 21, die in einem oberen Bereich von einer ersten sich ringförmig erstreckenden Kammer im Gehäuse 2 und in ihrem verjüngten Ventilschaftbereich 26 von einer weiteren, zweiten ringförmig sich im Gehäuse 2 erstreckenden Kammer 23 umschlossen ist. Die erste Kammer 22 steht über eine obere Verteilerbohrung 24 mit einem unter hohem Druck stehenden Fluid in Verbindung, während eine untere zweite Kammer, die ebenfalls ringförmig konfiguriert ist, über eine untere Verteilerbohrung 25 mit einem Niederdruckbereich verbunden.

[0021] In einem Pumpendüse-, bzw. Pumpe-Leitungs-Düse-Einspritzsystem ist die Verteilerbohrung 24 mit der Hochdruckkammer- dem Volumen unterhalb des Förderkolbens und der Einspritzdüse und die Verteilerbohrung 25 mit einem Niederdruckbereich verbunden. Das Ventil eignet sich auch für den Fall, in dem man in ein Steuervolumen, welches mit der Verteilerbohrung 25 verbunden ist, den in der Verteilerbohrung 24 und der ersten Kammer 22 herrschenden Druck moduliert (Drosselbohrung- und Bundüberdeckung-Wirkung), bis der maximal mögliche Wert aufgebaut ist. Durch den sich über die erste Kammer 22 ergebenden Druckausgleich im geöffneten Zustand kann das Ventil bei jedwedem Druckniveau problemlos betätigt werden.

[0022] Unterhalb des verjüngten Ventilschaftbereichs 26 der Ventilschaltventilnadel 21 ist ein Ausgleichskolben 27 ausgebildet, der in einem Durchmesser 40 im Gehäuse 2 des Schaltventils geführt ist.

[0023] Die erste Kammer 22 sowie die zweite Kammer 23 sind über einen sich im Gehäuse 2 in vertikaler Richtung erstreckenden Ringraum 34 miteinander verbunden. Im oberen Bereich des Ringraums, d. h. im Bodenbereich der ersten Kammer 22 ist ein Ventilschaltventilsitz 28 ausgebildet. Der Ventilschaltventilsitz 28 umfasst eine gehäuseseitig vorgesehene Ventilschaftfläche 29, die mit einer – bevorzugt konisch ausgebildeten – Ventildichtfläche 30 der Ventilschaltventilnadel 21 zusammenwirkt. Durch die vertikale Hubbewegung, welche die Ventilschaltventilnadel 21 im Gehäuse 2 ausführt, wird der Ventilschaltventilsitz 28 entweder geschlossen oder geöffnet oder lässt sich je nach Hub der Ventilschaltventilnadel 21 in eine Zwischenstellung schalten.

[0024] Die Ventilschaltventilnadel 21 ist mit einer von ihrer hier nicht dargestellten oberen Stirnseite aus sich erstreckenden Stufenbohrung 31 versehen. Die Stufenbohrung 31 umfasst einen ersten Bohrungsabschnitt 31.1, der in einem Durchmesser 37 ausgebildet ist. Unterhalb des Ventilschaltventilsitzes 28 geht der erste Bohrungsabschnitt 31.1 der Stufenbohrung 31 in einen zweiten Bohrungsabschnitt 31.2 über, dessen Durchmesser im Vergleich zum Durchmesser 37 des ersten Bohrungsabschnittes 31.1 der Stufenbohrung 31 wesentlich geringer ist. Der zweite Bohrungsabschnitt 31.2 erstreckt sich in der Ventilschaltventilnadel 21 vom Ventilschaltventilsitz 28 bis in den verjüngten Ventilschaftbereich 26, der im wesentlichen von der zweiten Kammer 23 im Gehäuse 2 des Schaltventils umschlossen ist. Neben der Stufenbohrung 31, die symmetrisch zur Symmetrielinie der Ventilschaltventilnadel 21 angeordnet ist, umfasst die Ventilschaltventilnadel im Bereich des diese umgebenden Ringraums 34 eine oder mehrere Öffnungen, die zum Beispiel als radial verlaufende Querbohrungen 33 beschaffen sein

können. Des weiteren ist im unteren Bereich des zweiten Bohrungsabschnittes 31.2 der Stufenbohrung 31 eine Drosselstelle 46 ausgebildet, deren wirksamer Drosseldurchmesser mit Bezugszeichen 47 bezeichnet ist. Die Drosselstelle 46 kann analog zur Stufenbohrung 31 in der Ventilnadel 21 ebenfalls als gestufte Bohrung ausgebildet werden, wobei der kleinste Durchmesser die Dimensionierung der Drosselstelle festlegt und die erreichbare Drosselwirkung bestimmt. [0025] In den ersten Bohrungsabschnitt 31.1 der Stufenbohrung 31 der Ventilnadel 21 ist ein mit einer engen Spielpassung versehener Kompensationsstift 32 eingelassen, der sich gemäß der in Fig. 2 dargestellten Ausführungsvariante an einem am Gehäuse 2 stationär aufgenommenen Widerlager abstützt, so dass die Ventilnadel 21 relativ zum stationär aufgenommenen Kompensationsstift 32 in vertikale Richtung bewegbar ist. Der Durchmesser des Kompensationsstiftes 32 entspricht dem Innendurchmesser 37 des ersten Bohrungsabschnittes 31.1 der Stufenbohrung 31. Die Ventilnadel 21 ist mit einem Außendurchmesser 38 ausgebildet, welcher im Bereich des verjüngten Ventilschaftabschnittes 26 auf einen Durchmesser 39 abnimmt, um im Bereich des Niederdruckausgleichskolbens 27 wieder einen Durchmesser 40 anzunehmen. Mittels des Kompensationsstiftes 32 und des ersten Bohrungsabschnittes 31.1 können, abgestimmt auf den Durchmesser einer hier nur angedeuteten Projektionsfläche 41, die einem Schließen der Ventilnadel 21 durch an der Projektionsfläche 41 angreifende, der Schließkraft entgegengesetzt gerichtete Druckkräfte kompensiert werden, so dass sich eine im wesentlichen druckausgeglichene Ventilnadelkonfiguration einstellt. Eine druckausgeglichene Ventilnadel 21 eines nach innen öffnenden Schaltventils, wie zum Beispiel eines I-Ventils 20, erlaubt den Einsatz wesentlich preisgünstigerer Aktuatoren, da diese kleiner dimensioniert werden können, um die bei druckausgegleichen Ventilnadeln 21 geringeren erforderlichen Schaltkräfte problemlos erzeugen können. [0026] Die Ventilnadel 21 weist ferner im unteren Bereich des diese umschließenden Ringraums 34, an dem eine Sitzbohrung 35 mit Durchmesser 44 ausgebildet ist, einen äußeren Bund 48 auf. Der äußere Bund 48 ist in einem Durchmesser 45 ausgebildet. Der Durchmesser 44 der Sitzbohrung 35 im Gehäuse 2 und der Außendurchmesser 45 des Bundes 48 sind so aufeinander abgestimmt, dass sich in der Decke der zweiten Kammer 23 eine eng tolerierte Spielpassung einstellt, die die zweite Kammer bei Überdeckung 36 am Bund 48 und Sitzbohrung 35 praktisch gegen den Eintritt eines Fluides abdichtet, so dass dem aus der ersten Kammer 22 über einen teilweise noch geöffneten Ventilsitz 28 in den Ringraum 34 einschießenden Kraftstoff nur ein Einstromen über die Öffnungen 33 in den zweiten Bohrungsabschnitt 31.2 und von dort in die Drossel 47 in die zweite Kammer 23 offensteht. Die Überdeckung 36 des Bundes 48 mit der Sitzbohrung 35 wird durch die Abstände 42 bzw. 43 herbeigeführt. Mit Abstand 42 ist der Abstand zwischen der Unterseite des Bundes 48 und der Außenseite der Ventilsitzfläche 30 an der Ventilnadel 21 bezeichnet, während mit Bezugszeichen 43 der Abstand zwischen der Unterseite 34.1 des Ringraumes 34 und dem Auflagepunkt/Durchmesser der Außenseite der Ventilsitzfläche 30 auf der Ventilsitzfläche 29 des Ventilsitzes 28 bezeichnet ist. [0027] Durch die Überdeckung 36 von Bund 48 mit der Sitzbohrung 35 im unteren Bereich des Ringraumes 34 ist während der Hubbewegung der Ventilnadel im Gehäuse 2 gewährleistet, dass die zweite Kammer 23 gegen Kraftstoffeintritt an der Grenzfläche Bund 48/Gehäusebohrung 35 in die zweite Kammer 23 eintritt. Dem am teilweise noch geöffneten Ventilsitz 28 einschießenden Kraftstoff steht lediglich der Strömungspfad über die ein oder mehreren

Öffnungen 33 in den zweiten Bohrungsabschnitt 31.2 der Stufenbohrung 31 in der Ventilnadel 21 offen. Von dem zweiten Bohrungsabschnitt 31.2 strömt der Kraftstoff unter einer genau definierten und von dem Durchmesser der Drosselstelle 47 abhängigen Drosselwirkung in die zweite Kammer 23 ab. Durch die vorgeschlagene Drosselbohrung 47 im unteren Bereich des zweiten Bohrungsabschnittes 31.2 erhält man eine definierte Drosselung, da diese Bohrung sehr exakt gefertigt werden kann und nicht stark von Fertigungstoleranzen abhängig ist, wie sie im Falle eines nach außen öffnenden A-Drossелеlements wie in Fig. 1 erläutert, auftreten, bei dem die Drosselung sehr stark von den toleranzbehafteten Bauteilen abhängig ist.

[0028] Durch die Auslegung der Überdeckung 36 am Bund 48 der Ventilnadel 21 wird erreicht, dass solange sich der Bund 48 und die Sitzbohrung 35 im Gehäuse 2 in Überdeckung befinden, der einzige zur Verfügung stehende Pfad für den Kraftstofffluss die Bohrung(en) 33, 31.2 und 47 sind. Dadurch ist eine definierte Drosselwirkung sichergestellt. Daneben wirkt sich vorteilhaft aus, dass im ersten Bohrungsabschnitt 31.1 ein Kompensationsstift eingelassen ist, der, da gehäusefest angeordnet, der Schließkraft der Ventilnadel entgegengesetzt wirkende, an einer Projektionsfläche 41 angreifende Druckkräfte kompensiert.

[0029] Wenn funktionell nach einer gedrosselten Phase ein nichtgedrosselter Ventilquerschnitt gewünscht wird, lässt man das Ventil einen längeren Hub ausführen. Dadurch wird der Bund 48 aus dem Überdeckungsbereich herausgehoben, so dass ein größerer Querschnitt zwischen der oberen Kante der Bohrung 35 und der unteren Außenkante des Bundes 48 freigeschaltet werden kann.

[0030] Mit einer derart druckausgegleichen Ventilnadel 21 lassen sich zur Betätigung des erfindungsgemäß vorgeschlagenen I-Ventils 20 relativ kleinbauende Aktuatoren – seien es Magnetspulen, seien es Piezoaktoren – einsetzen, da die zur Betätigung des I-Ventils 20 auszuwendenden Stellkräfte relativ gering sind. In Kombination mit einer hier nicht näher dargestellten 2-Federfunktion ist es möglich, das Ventil stabil in seiner Drosselstellung zu halten, in der der Ventilsitz 28 in eine Zwischenschaltungsstellung zwischen seiner vollständig geschlossenen und seiner vollständig geöffneten Position geschaltet ist. Mittels der 2-Federkombination können die durch die Aktuatoren aufzubringenden Kräfte verringert werden, so dass die Standzeit der Aktoren signifikant verlängerbar ist.

[0031] Fig. 2.1 zeigt das I-Ventil in geschlossener Stellung mit sich einstellender Überdeckung zwischen Bund und Gehäusekante.

[0032] In Fig. 2.1 wiedergegebenen Schaltzustand der Ventilnadel 21 liegt deren äußerer Sitzdurchmesser 30 an der Ventilsitzfläche 29 des Ventilkörpers an. Im geschlossenen Zustand der Ventilnadel 21 stellt sich zwischen dem Ventilsitz 29, 30 und dem Boden 34.1 des Ringraums 34 ein mit Bezugszeichen 43 gekennzeichnete Abstand ein. Der Abstand zwischen dem Sitzdurchmesser 30 der Ventilnadel 21 und der Unterseite 48.1 des Bundes 48 ist mit Bezugszeichen 42 bezeichnet. Aus der Differenz der Abstände 42 und 43 ergibt sich die sich einstellende Überdeckung 36 im Bereich der Sitzbohrung 35 im Gehäuse des I-Ventils 20.

#### Bezugszeichenliste

- 1 Pumpe-Düse-Einheit
- 2 Gehäuse
- 3 erstes Federelement
- 4 Steuerventilkörper
- 5 A-Drossel
- 6 Bund

7 Drosselstelle	
8 Drossellänge (toleranzbehaftet)	
9 Anschlagelement	
10 Stirnfläche	
11 Abstand (toleranzbehaftet)	5
12 Distanz (toleranzbehaftet)	
13 zweites Federelement	
14 Gehäusckante	
20 I-Ventil	
21 Ventilnadel	10
22 erste Kammer	
23 zweite Kammer	
24 obere Verteilerbohrung	
25 untere Verteilerbohrung	
26 verjüngter Ventilschaft	15
27 Ausgleichskolben	
28 Ventilnadelsitz	
29 Ventilsitzfläche	
30 Ventildichtfläche	
31 Stufenbohrung	20
31.1 erster Bohrungsabschnitt	
31.2 zweiter Bohrungsabschnitt	
32 Kompensationsstift	
33 Öffnung	
34 Ringraum	25
34.1 Bordenringraum	
35 Sitzbohrung	
36 Überdeckung Bund-Sitzbohrung	
37 Durchmesser 1. Bohrungsabschnitt	
38 Durchmesser Ventilnadel	30
39 Durchmesser verjüngter Ventilschaft	
40 Durchmesser Ausgleichskolben	
41 Projektionsfläche	
42 Abstand Bund-Ventildichtfläche	
43 Abstand Ventilsitzfläche-Bund	35
44 Innendurchmesser Sitzbohrung	
45 Außendurchmesser Bund	
46 Drosselstelle	
47 Durchmesser Drossel	
48 Bund	40
48.1 Unterseite	

zeichnet, dass der oberhalb des Ventilnadelsitzes (28) in der Ventilnadel (21) ausgebildete Bohrungsabschnitt (31.1) einen am Gehäuse (2) gelagerten Kompensationsstift (32) zum Ausgleich sich an einer Projektionsfläche (41) der Ventilnadel (21) einstellenden, der Schließbewegung der Ventilnadel (21) entgegengesetzt gerichteter Kräfte aufnimmt.

4. Schaltventil gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Bohrungsabschnitt (31.2) unterhalb des Ventilnadelsitzes (28) über eine oder mehrere Öffnungen (33) mit dem Ringraum (34) im Gehäuse (2) in Verbindung steht.

5. Schaltventil gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Bund (48) an der Ventilnadel (21) in einer Überdeckung (36) ausgebildet ist, die im Hubbereich der Ventilnadel (21) die zweite Kammer (23) an der Sitzbohrung (35) verschlossen hält.

6. Schaltventil gemäß Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Außendurchmesser (45) des Bundes (48) und der Innendurchmesser (44) der Sitzbohrung (35) als eng tolerierte Spielpassung ausgebildet sind.

7. Schaltventil gemäß Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Unterseite (34.1) des Ringraums (34) am Ventilkörper in einem Abstand (43) zur Ventilsitzfläche (29) des Ventilnadelsitzes (28) liegt.

8. Schaltventil gemäß Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Unterseite (48.1) des Bundes (48) an der Ventilnadel (21) in einem Abstand (42) von der Ventilnadeldichtfläche (30) der Ventilnadel (21) liegt.

9. Schaltventil gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Drosselung ausschließlich an der Drosselstelle (47) der Ventilnadel (21) erfolgt, die über den Ringraum (34), mindestens eine Öffnung (33) und einen der Bohrungsabschnitte (31.1, 31.2) in die zweite Kammer (23) erfolgt, während der Bund (48) und die Sitzbohrung (35) in Überdeckung (36) sind.

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

#### Patentansprüche

1. Schaltventil in einem Kraftstoffeinspritzsystem einer Verbrennungskraftmaschine mit einem Gehäuse (2), in welchem eine Ventilnadel (21) zwischen einer Offenstellung und einer Schließstellung bewegbar geführt ist und die Ventilnadel (21) von einer ersten Kammer (22) und einer zweiten Kammer (23) umschlossen ist, die über einen Ringraum (34) mit einer Sitzbohrung (35) miteinander in Verbindung stehen, der Ringraum (34) von einem Ventilnadelsitz (28) mit einer Ventilsitzfläche (29) begrenzt ist, die mit einer an der Ventilnadel (21) angeformten Ventildichtfläche (30) zusammenwirkt, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ventilnadel (21) eine Stufenbohrung (31) mit Bohrungsabschnitten (31.1, 31.2) umfasst, von denen der unterhalb des Ventilnadelsitzes (28) liegende Bohrungsabschnitt (31.2) den Ringraum (34) über eine Drosselstelle (47) in der Ventilnadel (21) mit der zweiten Kammer (23) verbindet, die durch einen in die Sitzbohrung (35) einfahrbaren Bund (48) der Ventilnadel (21) schließbar ist.
2. Schaltventil gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Ventilnadel (21) als nach innen öffnende Nadel eines I-Ventils (20), einen Niederdruckausgleichskolben (27) umfassend, ausgebildet ist.
3. Schaltventil gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,

**Fig. 1**

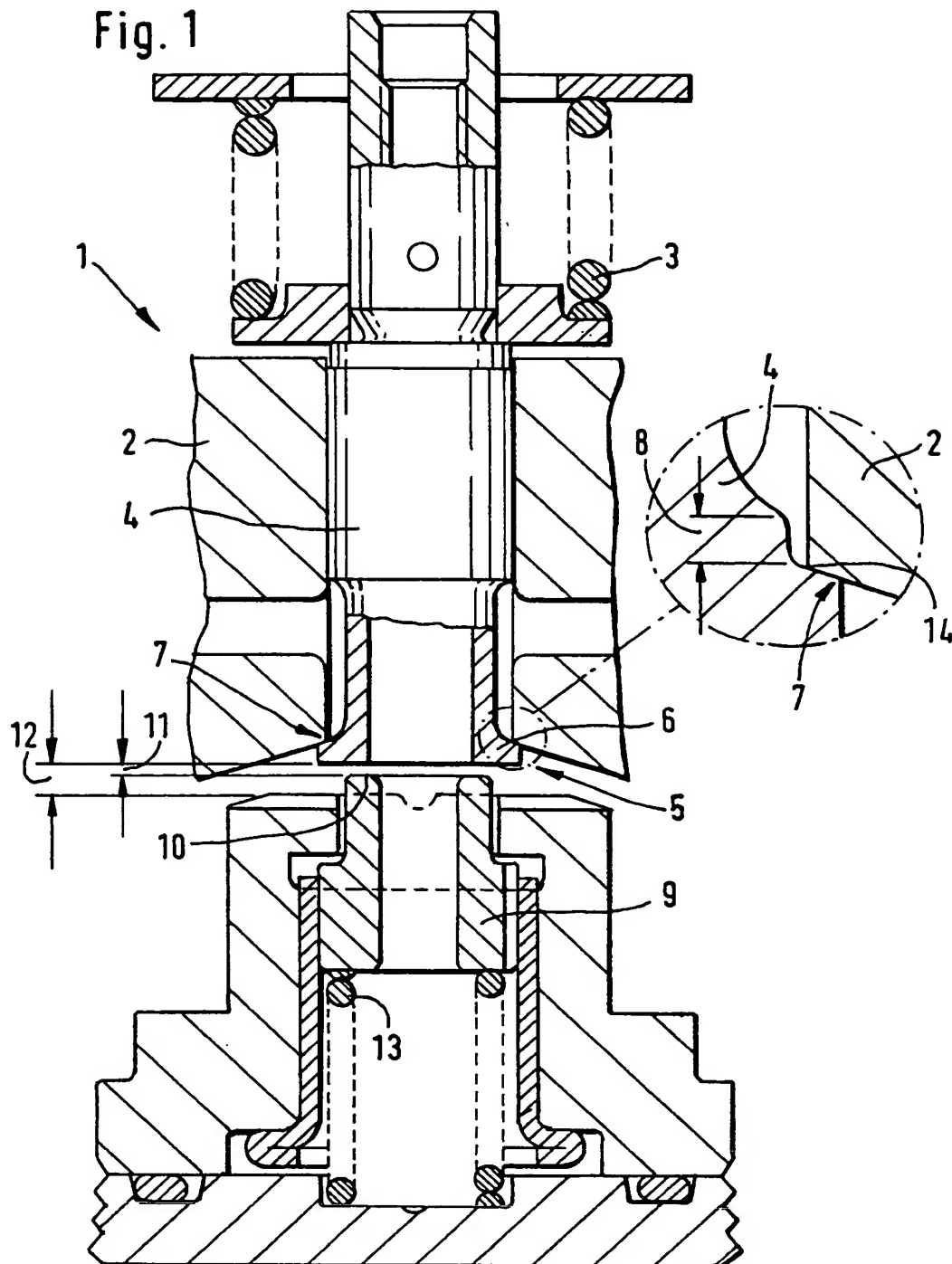
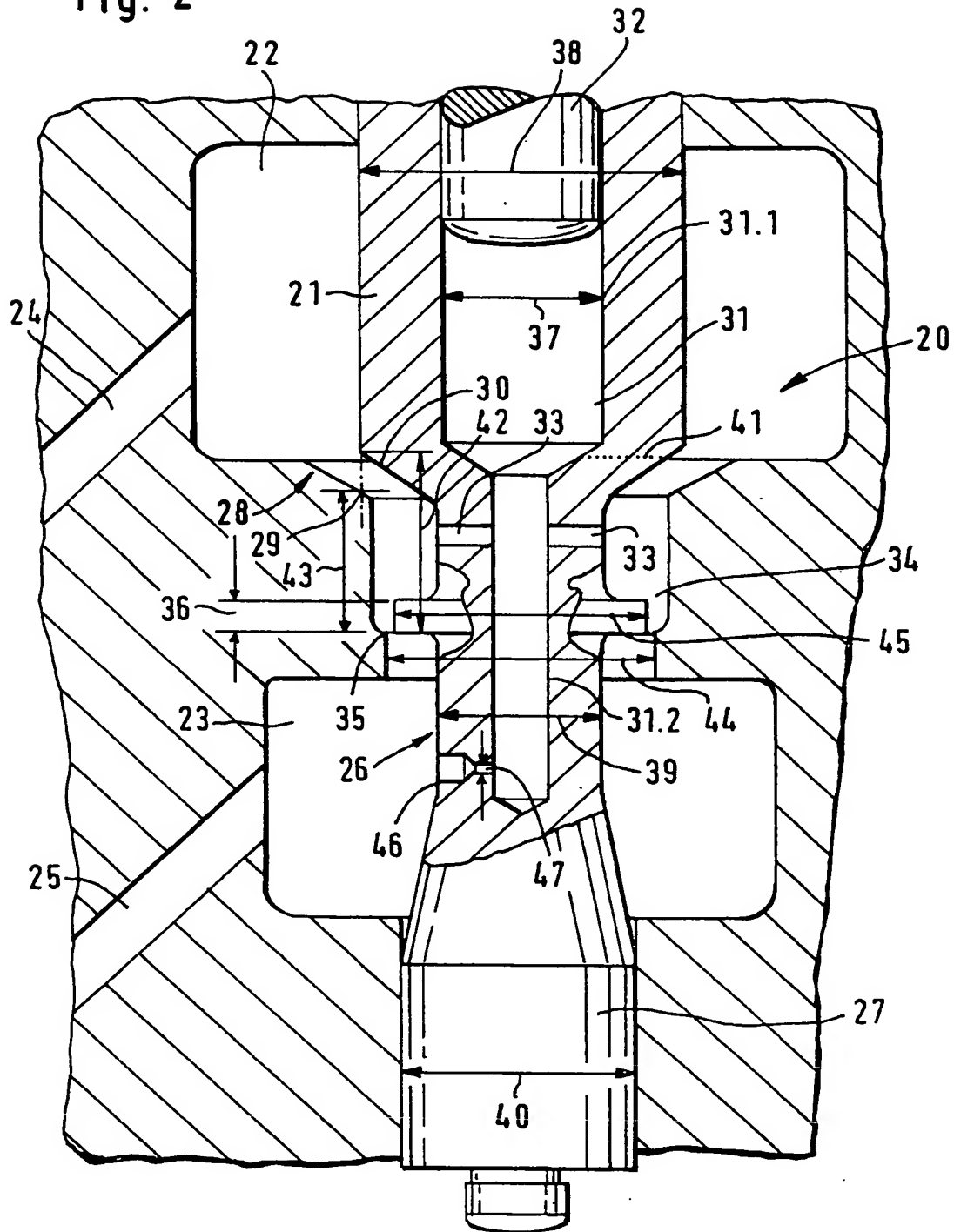


Fig. 2



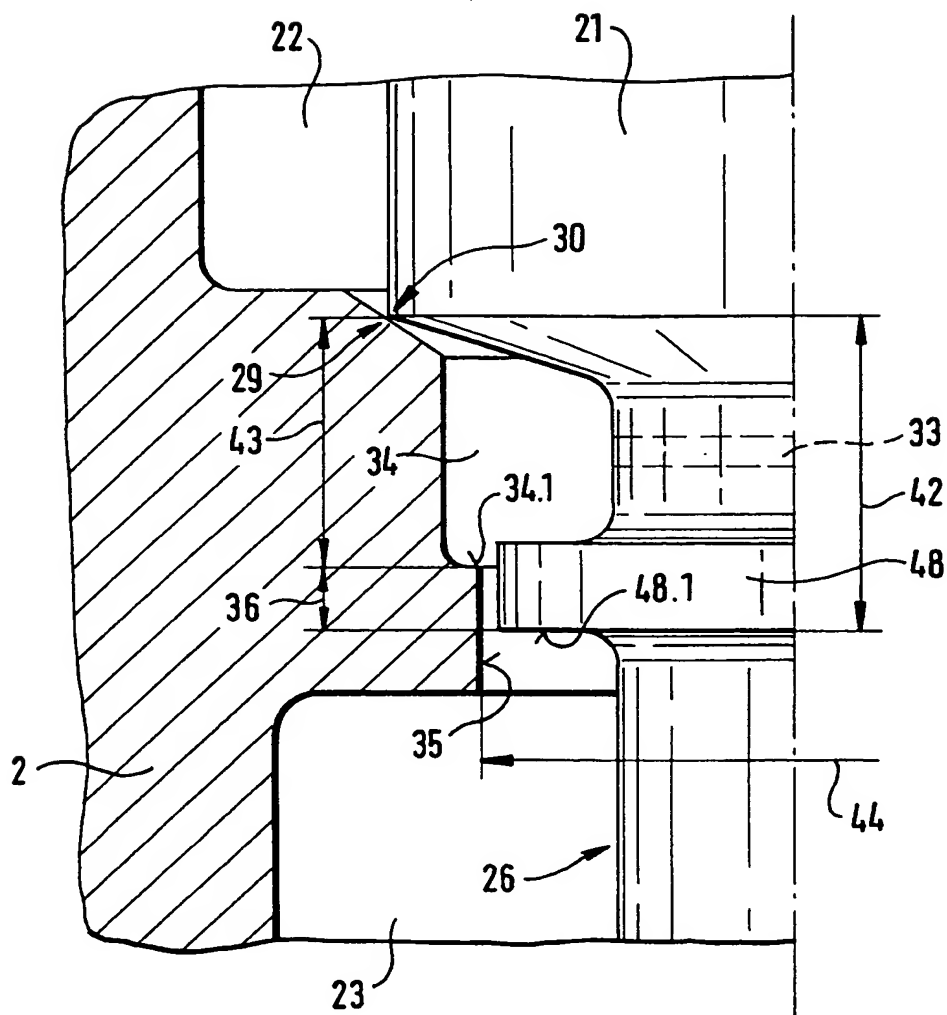


Fig. 2.1